1971.

W. Wilhelm.

AUS DEM STRAHLENINSTITUT DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

Direktor: Professor Dr. med. F. Sommer

SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN BEI BIAXIALER BEWEGUNGSBESTRAHLUNG MIT PHOTONEN VON 42 MeV MIT DEM SIEMENS-BETATRON.

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1971

vorgelegt von

Wolfgang Wilhelm

geb. 13. 10. 1944 in Herxheim/b. Landau

Dekan: Professor Dr. med. H. Kulenkampff

Referent: Professor Dr. med. F. Sommer

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Die mündliche Prüfung wurde am 8.4.1971 abgelegt.

Meinen Eltern gewidmet

SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN BEI BIAXIALER BEWEGUNGSBESTRAHLUNG MIT PHOTONEN VON 42 MeV MIT DEM SIEMENS - BETATRON.

INHALTSANGABE

	Seite
Einleitung	1
Literaturrückblick	2
Methodik	7
Eigene Messungen	8
Beschreibung und Diskussion der Kurven	17
Zusammenfassung	25
Literaturverzeichnis	26
Danksagung	29
Lebenslauf	30

Bis etwa zum Jahre 1953 verstand man unter Strahlentherapie die Behandlung mit konventionellen Röntgenstrahlen.

Eine Grenze dieser Therapie war durch die niederen kV - Leistungen der herkömmlichen Geräte gegeben. Vor dieser Zeit nahm auch das 1898 von Marie und Pierre Curie entdeckte Radium, als ältestes therapeutisch genutztes, radioaktives Element, eine bedeutende Rolle ein. In den Jahren nach 1946 erlaubte die sich immer mehr ausbreitende Entwicklung der Kernreaktoren eine Herstellungsmöglichkeit künstlich radioaktiver Isotope in größeren Mengen. Somit waren Gamma-Strahler hoher spezifischer Aktivität für die Anwendung in der Medizin erschlossen. Die Konstruktion der Kobalt $_{60}$geräte, die sich in Form und Anwendungsbereich an die bekannten Radiumdistanzgeräte anlehnte, erbrachte bis zur heutigen Zeit ein Hauptinstrument der Strahlentherapie tiefliegender, bösartiger Tumoren.

Die Erzeugung "ultraharter Röntgenstrahlen" wurde vor etwa 30 Jahren in Form des Resonanztransformators, des Bandgenerators nach van de GRAAFF und des Kaskadengenerators nach GREINACHER möglich. Diese Geräte, als "Einfachbeschleuniger" bezeichnet, wurden durch die Entwicklung der "Linearbeschleuniger" und schließlich der Elektronenschleudern überholt. Bei einem sehr großen räumlichen und technischen Aufwand erbrachten die, besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika viel benutzten Linearbeschleuniger, nur eine Leistung bis zu 2 MeV.

Eine umwälzende Änderung ergab die Entwicklung der Elektronenschleudern, im englischen Schrifttum "Betatron" genannt. Es handelt sich hierbei um einen sogenannten "Umlaufbeschleuniger", in dem die Elektronen in einem ringförmigen Vakuumgefäß durch einen großen Elektromagneten mit dem Anwachsen des Magnetflusses beschleunigt werden. Ihre maximale Geschwindigkeit kommt der Lichtgeschwindigkeit nahe. GUND und BERGER geben sehr prägnant die physikalischen Eigenschaften des Betatrons wieder, als "Apparatur", in welcher Elektronen auf so hohe Energien beschleunigt werden, wie sie aus Isolationsgründen mit

normalen Röntgenapparaten nicht gewonnen werden können". Verglichen mit der Dosisverteilung von Röntgenstrahlen üblicher Energie, ist die der ultraharten Röntgenstrahlen von hoher Leistung sehr viel günstiger, gerade was die starke Konzentration der Wirkung auf den Herd bei weitgehender Schonung der Umgebung betrifft. GUND und BERGER beschrieben den grundsätzlichen Vorteil der ultraharten Röntgenstrahlen besonders für die Tiefentherapie: "Die Oberflächendosis wird an der Eintrittsseite mit wachsender Energie kleiner, während die Dosis in der Gewebstiefe mit der Energie steigt. Die beste Schonung der Haut wird bei einer Energie erreicht, bei der Eintritts- und Austrittsdosis gleich groß sind. Diese liegt gewöhnlich zwischen 12 und 15 MeV, bei geringer durchstrahlten Körperdicken eher noch niedriger."

Während in der Röntgenröhre die Elektronen die Spannungsdifferenz zwischen Kathode und Anode nur einmal durchlaufen können und dabei, je nach der angelegten Röhrenspannung, kinetische Energie bis zu einigen hundert kV, bei großem technischen Aufwand bis zu etwa 1 MeV gewinnen, arbeitet die Elektronenschleuder nach dem Prinzip der Vielfachbeschleunigung. Die Elektronen durchlaufen eine Kreisbahn, in welcher sie durch ein Magnetfeld gehalten werden. Dabei steigt ihre Energie pro

Umlauf um etwa 35 eV. Um den Bahnradius gegen die zunehmende Zentrifugalkraft der Elektronen konstant zu halten, läßt man das Magnetfeld dem Elektronenimpuls proportional anwachsen. Abhängig von der Größe des Magnetfeldes, können auf diese Weise Elektronenenergien von wenigen MeV bis zu einigen hundert MeV erzeugt werden.

Bei dem Siemens-Betatron, das dem Strahleninstitut in Homburg/Saar zur Verfügung steht, ist die Möglichkeit gegeben, neben Elektronen, Photonen von 25 oder 42 MeV zu erzeugen. Während z. B. FEHRENTZ und Mitarb. mit 15, 30 und 42 MeV Photonen dosimetrierten, wird mit diesem, oben genannten Gerät, mit 25 bzw. 42 MeV Photonen gearbeitet. Die bis jetzt in der Literatur am häufigsten beschriebenen Photonenenergien liegen bei 15 MeV. HEINZLER, MOHR und HOHN berichteten über eine Reihe von Untersuchungen mit Ionisations-Kammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit 15 MeV Bremsstrahlung.

Es kamen hierbei verschiedene Arten der Bestrahlungstechnik, wie zum Beispiel Pendelbestrahlung bei exzentrischen oder zentrischen Drehpunktslagen zur Anwendung.

Die Thematik der biaxialen Pendelbestrahlung behandelte KUTTIG in einer Studie über die Supervolttherapie in der Gynäkologie. Er unterstrich im besonderen die Eigenschaft der Photonen, durch ihre gleichförmige Ionisation in den Geweben eine gleichmäßigere Dosisverteilung als bei der konventionellen Bestrahlung zu bewirken.

Nicht zuletzt auch aus Strahlenschutzgründen empfahl er die lokale Radiumtherapie zugunsten der biaxialen Pendelbestrahlung aufzugeben. Als überzeugende Vorteile sah er die geringere Strahlenbelastung für den Patienten und die optimale Anpassung des Dosisverlaufs an das Krankheitsgebiet. Ein besonderer Aspekt für die Anwendung der biaxialen Pendelbestrahlung stellt die Möglichkeit der exakten Dosisapplizierung auf den Herd dar, die, verknüpft mit der stärkeren Bündelung der Strahlen, eine optimale Dosisverteilung erwarten läßt.

GIETZELT, DEGNER und SCHMIDT sprachen auch für die gute Verwendbarkeit der biaxialen Hochvolt-Rotationsbestrahlung, gerade für den Bereich der Gynäkologie. Bei diesen Autoren stand das Collum-Carzinom im Blickpunkt der Be-

trachtungen. Bei einer der benutzten Bestrahlungsmethoden lagen die Drehpunkte 4 cm lateral der Mittellinie, während mit variabler Feldgröße (8 x 12 - 15 cm) biaxial gependelt wurde.

Die biaxiale Telekobalt-Pendelbestrahlung im Vergleich zu der biaxialen Bewegungsbestrahlung mit Photonen

Die biaxiale Telekobaltbestrahlung wurde erstmals 1960 von MELLOR beschrieben. Dieser Autor führte zur alleinigen, perkutanen Bestrahlung des Collum-Carzinoms eine biaxiale Pendelung über zwei Pendelachsen im Abstand von 6 cm und in einem Winkel von beidseits 160° durch. Die Beckenmitte mit dem Primärtumor lag durch Summation der über beide Pendelwinkel eingestrahlten Dosis innerhalb der 100 % Isodose. Einen Vergleich weiterer therapeutischer Möglichkeiten dieses Themenkreises stellte eine Arbeit von FRISCHBIER und HASSE dar, die ebenfalls über die biaxiale Telekobalt-Pendelbestrahlung des Collum-Carcinoms berichtete. Hierbei wurden an einem Plexiglas-Wasser-Phantom die Isodosenverläufe bei einem Pendelwinkel von 160° und 180°, einer Feldgröße von 6 x 16 cm und 8 x 16 cm und einem Pendelachsabstand von 4, 6, 8 und 10 cm ermittelt. Die Darstellung der Isodosen ergab die Möglichkeit, an den Primärtumor eine hohe Dosis in die Tiefe heranbringen zu können. Außerdem stellte sich heraus, daß durch Veränderung des Pendelwinkels, der Feldgröße und des Pendelachsabstandes, der Isodosenverlauf den vor-

liegenden Herdverhältnissen optimal anzupassen sei. Diese Ergebnisse entsprachen den von MATSCHKE und WELKER bei der biaxialen Telekobalt-Bestrahlung gewonnenen Erkenntnissen vollkommen.

Eigene Messungen

Da die biaxiale Pendelbestrahlung mit Photonen von 42 MeV noch nicht in der Literatur beschrieben wurde, stellte sich die Frage nach dem Verlauf der Isodosen bei dieser Art der Photonen-Pendelbestrahlung. Dazu führten wir folgende systematische Untersuchungen durch: An einem Plexiglas-Wasser-Phantom* wurden 5 Kurven ausgemessen. Bis auf die Achsfeldgröße blieben alle Werte bei den 5 Messungen konstant. Die Achsfeldgröße wurde, von 4 cm Breite ausgehend, jeweils um 2 cm bis zu einer Gesamtbreite von 12 cm vergrößert. Der Pendelwinkel

---

* Es handelte sich um das Plexiglas-Wasser-Phantom der Vereinigten Technischen Werkstätten Freiburg i. Breisgau, Dr. Pyschlau KG.

betrug bei allen Messungen 80°, wobei von 10° - 90° beidseits gependelt wurde. Die Pendelachsen befanden sich innerhalb des Phantoms, 10 cm von der Oberfläche und jeweils 9 cm lateral von der Mittellinie entfernt. Der Pendelradius maß stets 120 cm. Als Meßkammer diente die Mikrokammer der gleichen Firma, in Verbindung mit dem Duplex-Dosimeter. Alle Messungen erfolgten mit der gleichen Mikrokammer und dem gleichen Dosimeter. Aus diesen Angaben ergibt sich folgendes Schema:

Messungen mit Photonen von 42 MeV Pendelbestrahlung mit Ausgleichskörper 2 am ovalen Plexiglas-Wasser-Phantom*

1) Pendelwinkel:	80° (10° - 90° beidseits)
2) Pendelachslage:	in 10 cm Tiefe von der Oberfläche 9 cm lateral von der Phantommitte
3) Achsfeldgröße:	4 x 16 cm, 6 x 16 cm, 8 x 16 cm, 10 x 16 cm, 12 x 16 cm
4) Pendelradius:	120 cm
5) Monitorvorwahl:	420 Sprünge/4 Pendelabläufe

*Die Phantomabmessungen betrugen 20 cm in der Tiefe und 36 cm in der breitesten Ausdehnung.

Beschreibung der Versuchsanordnung

Vor jeder Messung wurde das Plexiglas-Wasser-Phantom, mit Hilfe einer Wasserwaage, genau in die Horizontale gebracht. Nach der Festlegung des Pendelradius auf 120 cm, wurde das Phantom immer in der gleichen Lage gehalten. Auf der Rasterseite des Phantoms befand sich ein durchsichtiges Millimeterpapier, auf welchem nach jeder Messung die Anzahl der Duplexsprünge eingezeichnet wurde.

Jeder Messung ging die genaue Dimensionierung der Feldgröße und des Achsenfeldes, sowie die Festlegung der Pendelachse voraus. Dabei wurde auf dem Phantom die Feldgröße markiert, die durch die Lichtoptik auf der Phantom-Oberfläche angegeben war und der Mittelpunkt dieses Feldes mit einem Kreuz gekennzeichnet. Zur Lokalisation der Meßkammer (in 10 cm Tiefe und 9 cm lateral der Phantommitte) wurde als Hilfsmittel der optische Achsenanzeiger verwendet. Dabei verfuhr man zunächst so, daß man die Phantomoberfläche in einen FHA von 110 cm brachte, so daß der Oberflächen-Achsenabstand 10 cm betrug. Wurde nun die Meßkammer mit dem optischen Achsenanzeiger in Deckung gebracht,

so lag sie in einer Tiefe von 10 cm innerhalb des Phantoms. Nach jeder durchmessenen Reihe erfolgte eine neuerliche Überprüfung der Feldlage und die Justierung der Mikrokammer in ihre Ausgangsposition.

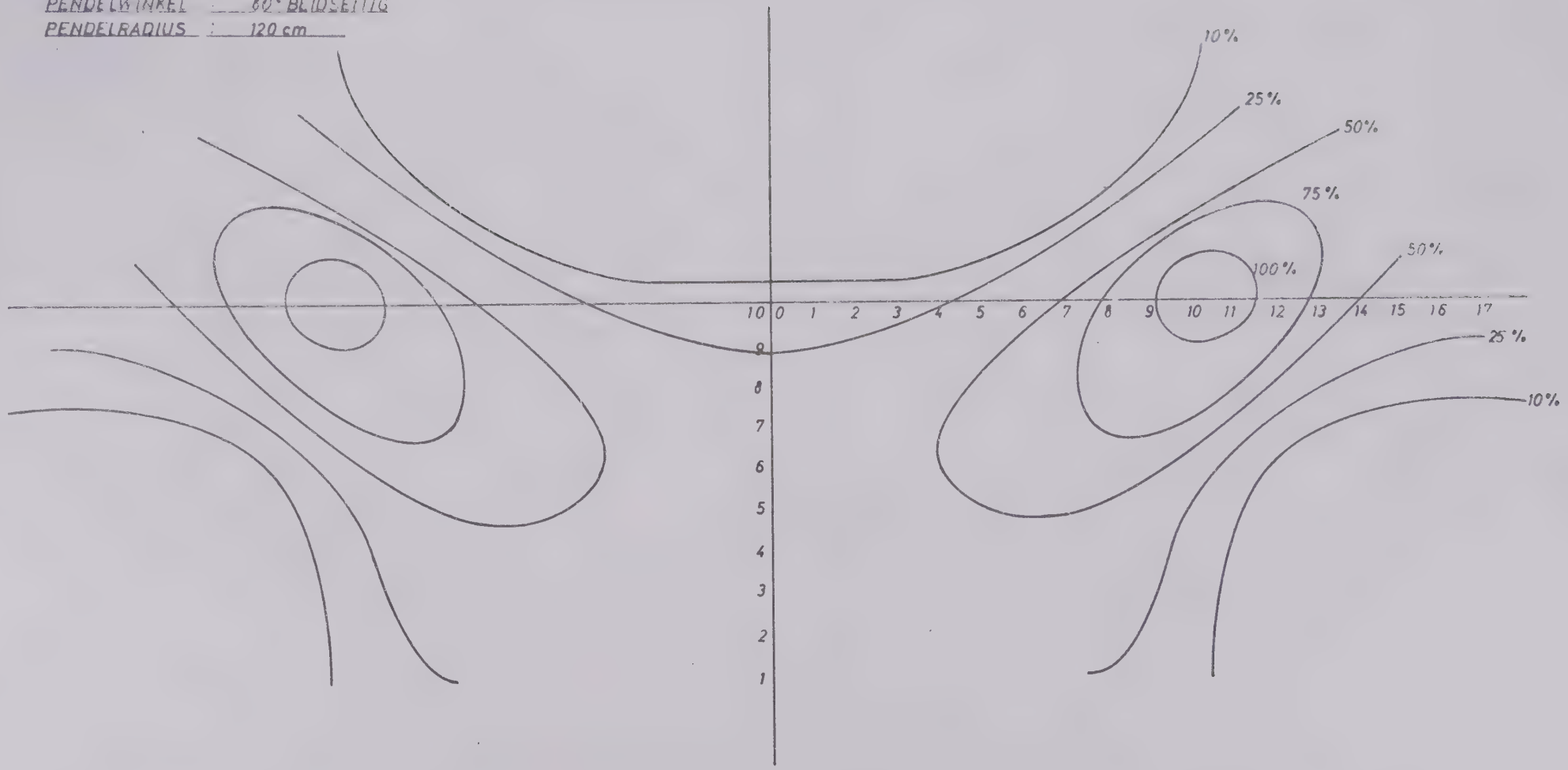
Alle Messungen wurden unter diesen Kautelen durchgeführt. Konstant blieben die angewandte Energie von 42 MeV Bremsstrahlung mit dem Ausgleichskörper 2, der Pendelwinkel von 80° und der Pendelradius.

Die Monitorvorwahl betrug jeweils 420 Sprünge. Die einzige Variante stellte die Achsfeldgröße dar, die in ihrer Länge mit 16 cm konstant blieb und nur in der Breite jeweils um 2 cm in einem Bereich von 4 - 12 cm vergrößert wurde. Es ergaben sich somit die Achsfeldgrößen 4 x 16 cm, 6 x 16 cm, 8 x 16 cm, 10 x 16 cm, 12 x 16 cm.

1. MESSUNG

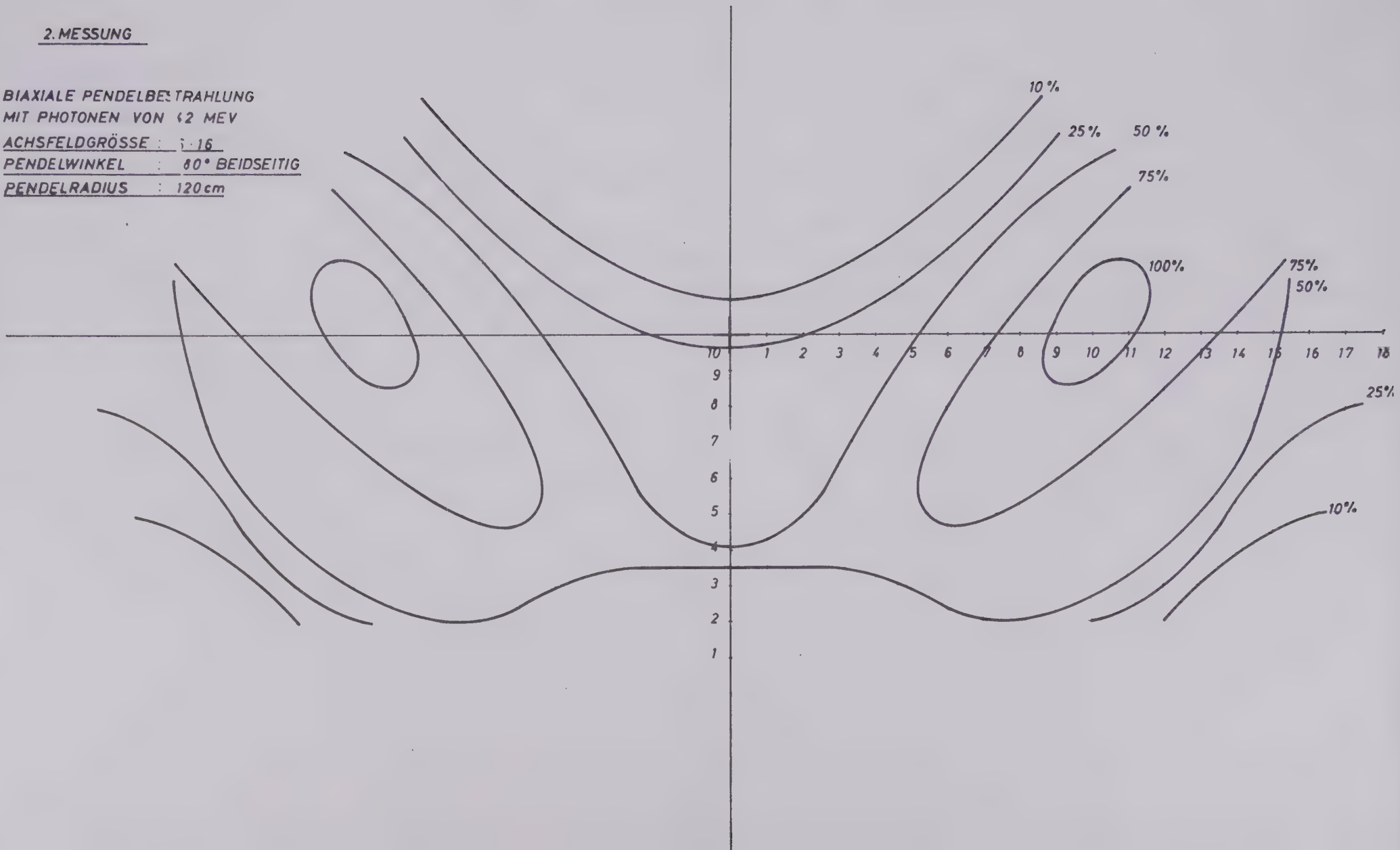
BIAXIALE PENDELBESTRAHLUNG
MIT PHOTONEN VON 42 MEV

ACHSFELDGRÖSSE : 4 : 16
PENDELWINKEL : 60° BEIDSEITIG
PENDELRADIUS : 120 cm



2. MESSUNG

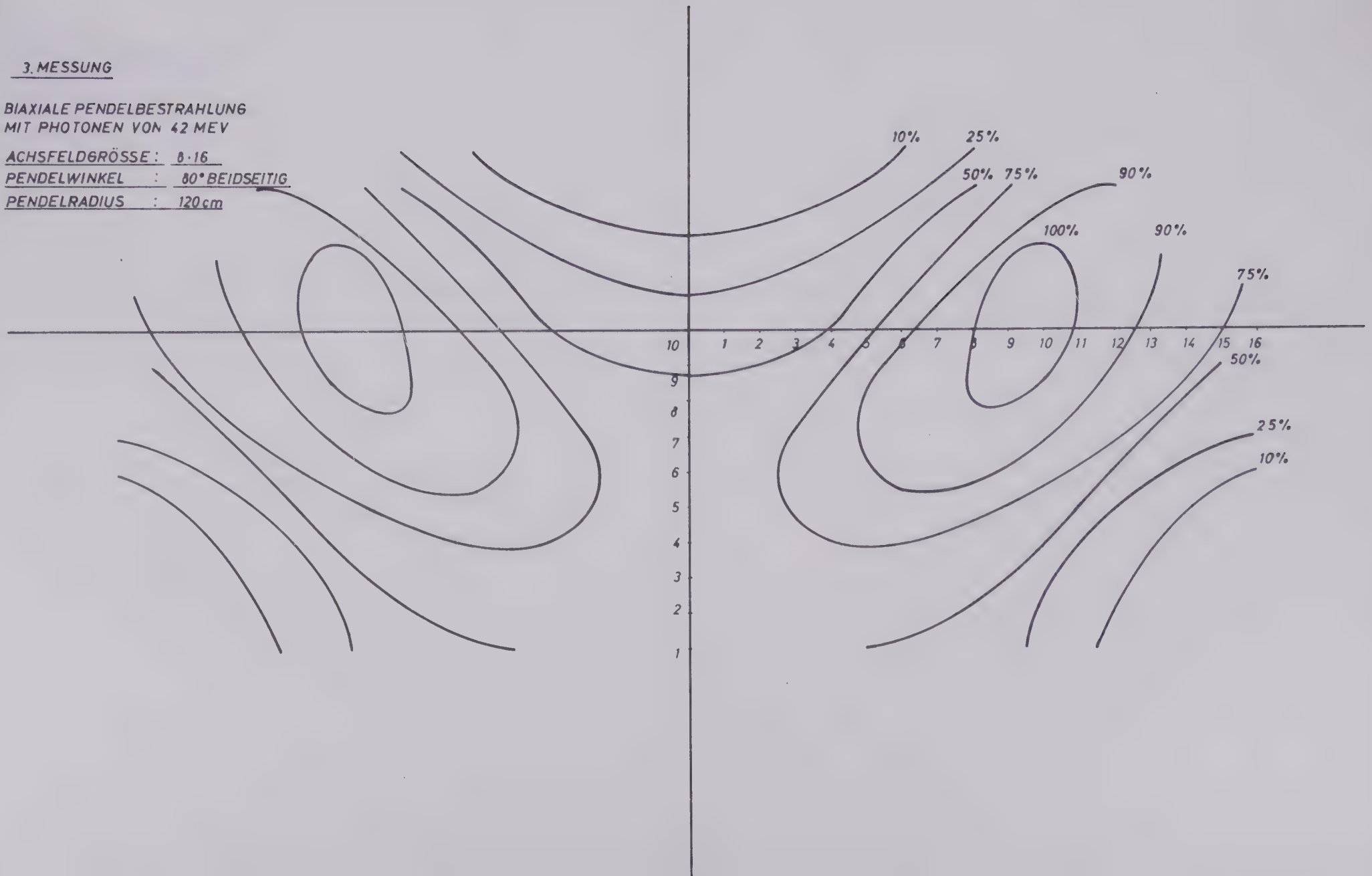
BIAXIALE PENDELBESTRAHLUNG
MIT PHOTONEN VON 42 MEV
ACHSFELDGRÖSSE : 5 · 16
PENDELWINKEL : 60° BEIDSEITIG
PENDELRADIUS : 120 cm



3. MESSUNG

BIAXIALE PENDELBESTRAHLUNG
MIT PHOTONEN VON 42 MEV

ACHSFELDGRÖSSE : 8·16
PENDELWINKEL : 80° BEIDSEITIG
PENDELRADIUS : 120 cm



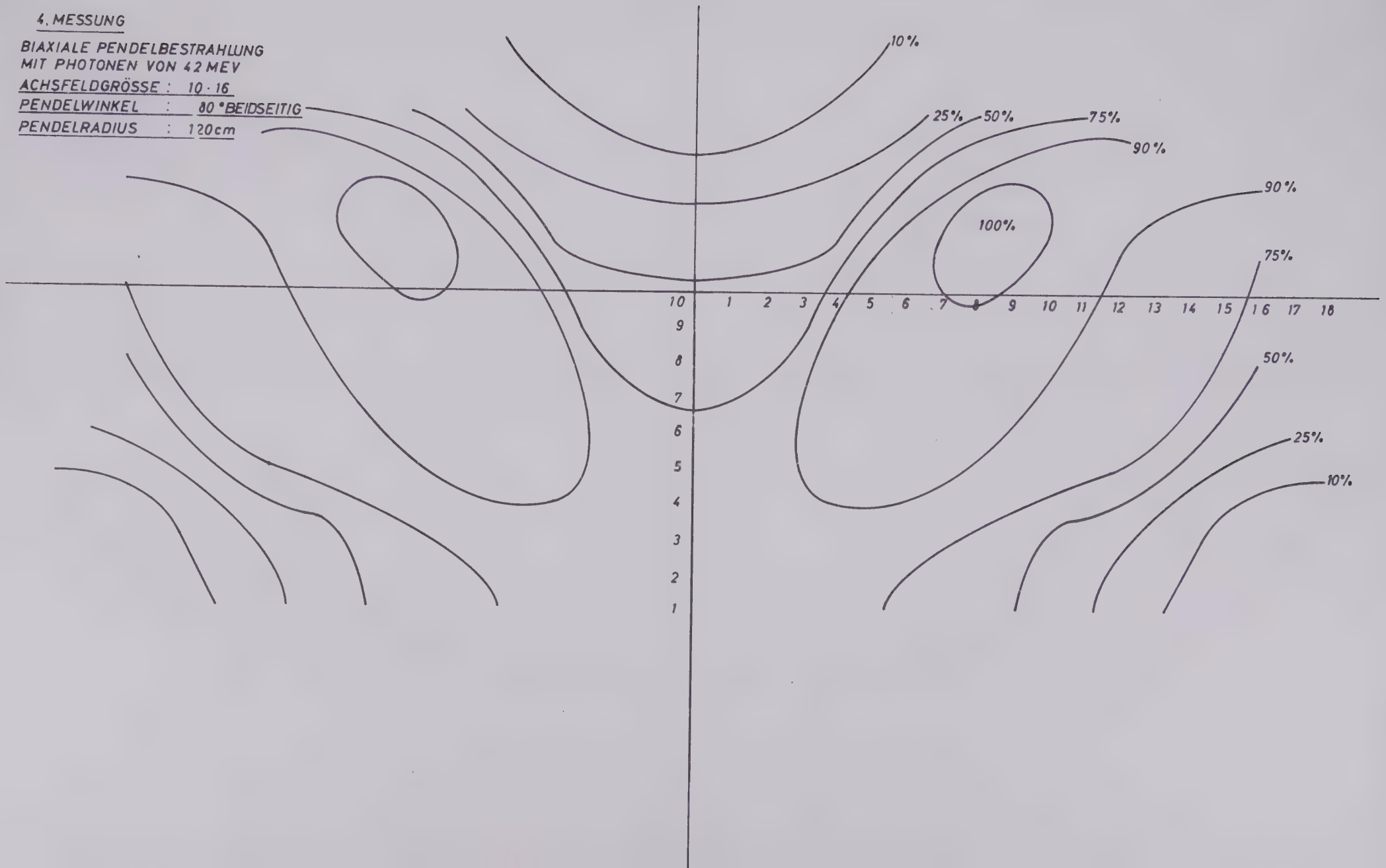
4. MESSUNG

BIAXIALE PENDELBESTRAHLUNG
MIT PHOTONEN VON 42 MEV

ACHSFELDGRÖSSE : 10 · 16

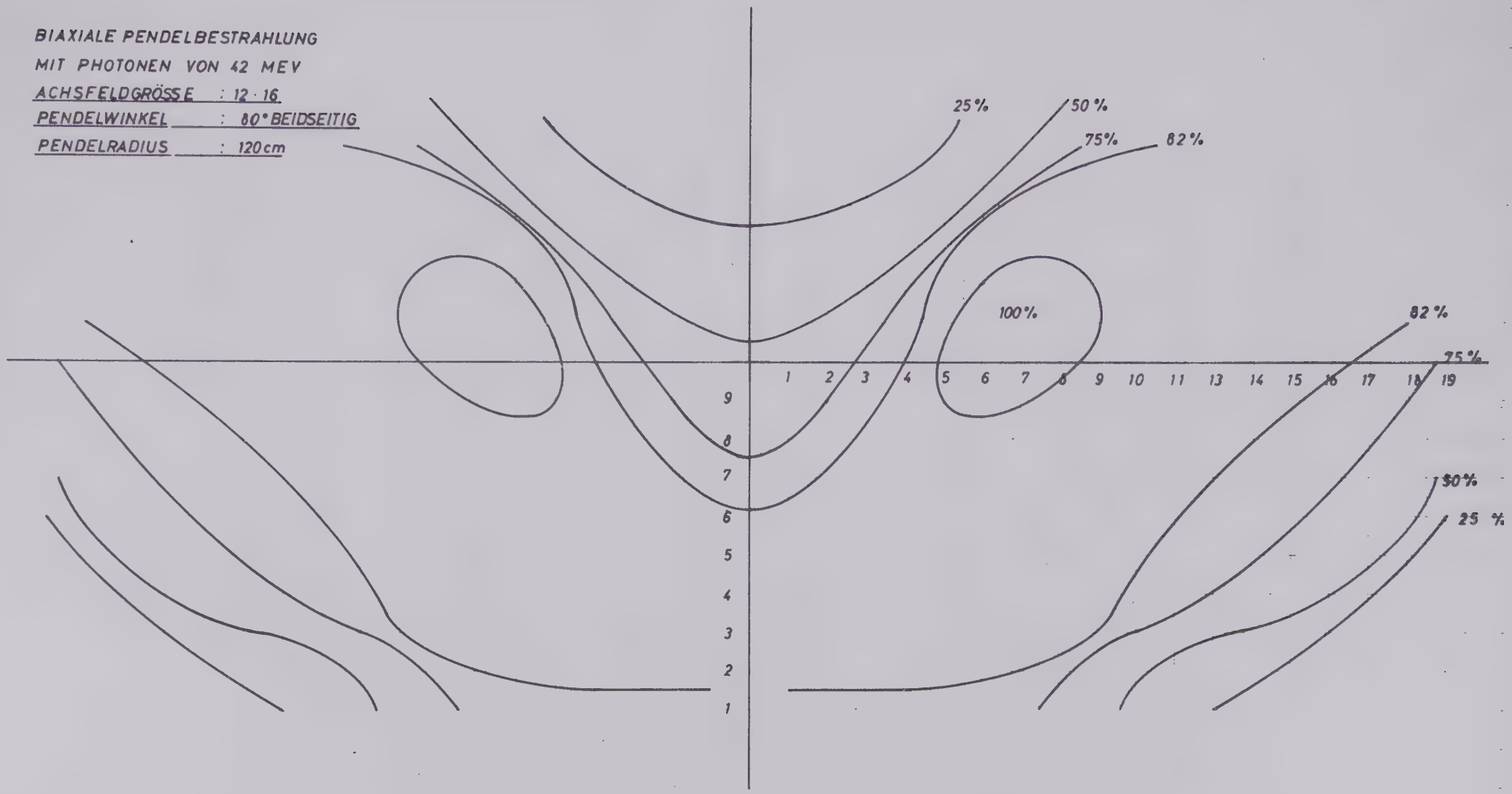
PENDELWINKEL : 80 °BEIDSEITIG

PENDELRADIUS : 120cm



5. MESSUNG

BIAXIALE PENDELBESTRAHLUNG
MIT PHOTONEN VON 42 MEV
ACHSFELDGRÖSSE : 12 · 16
PENDELWINKEL : 80° BEIDSEITIG
PENDELRADIUS : 120 cm



Beschreibung und Diskussion der Kurven

Bei der 1. Messung (Achsfeldgröße 4 x 16 cm) ist die 100 % Isodose fast kreisförmig. Das Zentrum dieses Kreises befindet sich jedoch in einer Entfernung von etwa 1,4 cm lateral des Drehpunktes. Der horizontale Durchmesser des Kreises beträgt ca. 2,4 cm, in kranio-kaudaler Richtung ist er mit 2,2 cm geringfügig abgeplattet.

Die 100 % Isodose der 2. Messung (Achsfeldgröße 6 x 16 cm) bildet eine Ellipse, wobei der längere Durchmesser medio - lateral verläuft. Der Mittelpunkt dieser Ellipse liegt ca. 1,2 cm lateral und 0,7 cm oberhalb des Drehpunktes.

Auch die 100 % Isodose der 3. Messung (Achsfeldgröße 8 x 16 cm) stellt ein Ellipsoid dar. Der längere Durchmesser verläuft hier von medio-kaudal nach latero-kranial.

Der Ellipsenmittelpunkt liegt, in einem Abstand von 0,4 cm vom Drehpunkt entfernt, auf dem Fahrstrahl, der annähernd die Winkelhalbierende darstellt.

Bei der 4. Messung (Achsfeldgröße 10 x 16 cm) ist die Form der 100 % Isodose ebenfalls als ein Ellipsoid zu beschreiben. Es ist beträchtlich zu der Oberfläche des Phantoms hin ausgewandert. Nur die kaudalsten Flächenanteile dieser Ellipse befinden sich, in einer Ausdehnung von 0,4 cm, unterhalb der Drehachse. Legt man durch den Drehpunkt ein Koordinatensystem, so befindet sich das Zentrum ca. 0,2 cm medial und 1,5 cm oberhalb dieses Bezugspunktes.

Die 100 % Isodose der 5. Messung (Achsfeldgröße 12 x 16 cm) ist, gegenüber derselben der 4. Messung, in der Längen- und Breitenausdehnung etwas vergrößert. Hier liegt etwa ein Viertel der Ellipsenfläche kaudal der Drehachse. Auch eine Verschiebung des Ellipsen-Zentrums um etwa 1,4 cm nach medial ist zu bemerken. Die Längenausdehnung beträgt, bei einem Breitenmaß von 3,9 cm, 4,8 cm.

Die 75 % Isodosen zeigen generell eine andere Verlaufsform.

Nur bei der 1. Messung ist die 75 % Isodose in sich geschlossen, wobei sie die 100 % Isodose ellipsenförmig umgibt. Der Längendurchmesser beträgt 7 cm, an der breitesten Stelle mißt

sie 3,9 cm. Das Zentrum ist um etwa 1,5 cm vom Drehpunkt aus, als Koordinatenmittelpunkt, nach lateral und nur 0,5 cm nach kaudal verschoben.

Die 75 % Isodose der 2. Messung umgibt das Ellipsoid der 100 % Isodose haarnadelförmig. Ihr tiefster Punkt liegt 5,3 cm kaudal und 4,7 cm medial des Drehpunktes.

Bei der 75 % Isodose der 3. Messung ist eine Verlagerung nach kaudal um ca. 6,1 cm und eine beträchtliche Verbreiterung (5,6 cm) zu bemerken.

Die 75 % Isodose der 4. Messung besteht in ihrem kaudalen Anteil nur noch in einer angedeutet S-förmigen Verbiegung an der lateralen Phantombegrenzung.

Ebenso lateral der Phantomgrenze und kaudal der Drehachse verläuft der untere Anteil der 75 % Isodose bei der 5. Messung, bis sie die Phantommitte in einer Tiefe von 19,5 cm überschreitet und auf der gegenüberliegenden Phantomseite ihren symmetrischen Verlauf nimmt. Die kranialen Anteile der 75 % Isodosen bei der 4. und 5. Messung bestehen in einem,

der Drehachse von kranial lateral nach kaudal medial zugewandten Bogen, der sich der Phantommitte konvexbogig nähert und sich symmetrisch in der anderen Phantomseite fortsetzt. Bei der 4. Messung überschreitet die 75 % Isodose die Phantommitte in 13,3 cm Phantomtiefe, bei der 5. Messung geschieht dies in Tiefe von 13,8 cm.

Die 50 % Isodose bei der 1. Messung kann als schlingenförmig beschrieben werden. Sie umfaßt die 100 % und die 75 % Isodose, wobei ihr tiefster Punkt 3,5 cm medial und 5,2 cm kaudal des Drehpunktes liegt.

Schon bei der 2. Messung ist die 50 % Isodose nicht mehr in sich geschlossen, sondern besteht aus zwei Anteilen. Sie verläuft 1. am lateralen Phantomrand, kaudal des Drehpunktes bis zu ihrem tiefsten Punkt (8 cm kaudal des Drehpunktes), steigt dann wieder etwas an und wechselt in 16,5 cm Tiefe der Phantommittellinie in die andere Phantomhälfte über. Der zweite, kranial gelegene Teil der 50 % Isodose schneidet die Koordinate bei 3,7 cm medial des Drehpunktes und begibt sich dann in konkavem Bogen nach kaudal, wo er in 16 cm Phantomtiefe die Mittellinie überschreitet und sich auf der Gegenseite fortsetzt.

Die 50 % Isodose der 3. Messung hat kaudal der Drehachse, bis auf ihre medialsten Anteile, fast die Form einer Geraden. Sie legt sich annähernd tangenital an die 75 % Isodose an. Dagegen beschreibt die über der Drehachse liegende 50 % Isodose eine leicht nach kaudal gerichtete Biegung und schneidet in 11,2 cm Phantomtiefe die Mittellinie.

Bei der 4. und 5. Messung ahmen die 50 % Isodosen die Form der 75 % Isodosen nach. Sie sind nur noch weiter nach lateral und kaudal verschoben. Außerdem weist die 50 % Isodose der 4. Messung einen ziemlich starken medialen Knick auf. Beide, im kranialen Phantomanteil liegenden 50 % Isodosen der 4. und 5. Messung, überschreiten die Phantommitte oberhalb der Drehachse und zwar in 9,6 cm bzw. in 9,4 cm Phantomtiefe.

Die, kaudal der Drehachse gelegenen 25 % Isodosen der Messungen 1 - 5, weisen durchweg die gleiche Lokalisation an der lateralen Phantombegrenzung auf.

Bei der 1. und 2. Messung lassen die 25 % Isodosen eine angedeutete S-förmige Biegung erkennen. Die 25 % Isodosen der 4. und 5. Messung zeigen kranial gegen die Drehachse eine

leichte Konvexität, während die gleiche Isodose der 5. Messung einen fast geraden Verlauf hat.

Kranial der Drehachse zeigt die 25 % Isodose der 1. Messung einen schwach gekrümmten, bogenförmigen Verlauf nach medial und kaudal, wo sie bei 11,2 cm Phantomtiefe die Mittellinie schneidet. Die entsprechenden 25 % Isodosen der Messungen 2 - 5 flachen sich allmählich immer mehr ab und überqueren die Phantommitte, wobei sie kontinuierlich immer mehr nach kranial gelangen.

Die 10 % Isodosen der Messungen 1 - 4 lehnen sich, sowohl in ihrem kranial als auch ihrem kaudal der Drehachse gelegenen Anteil, formmäßig eng an die 25 % Isodosen an.

Die kaudalen 10 % Isodosen befinden sich konkavbogig dicht an der seitlichen Phantombegrenzung.

Die oberhalb der Drehachse liegenden 10 % Isodosen wandern mit den Schnittpunkten auf der Mittellinie des Phantoms nach kranial. Es zeigt sich somit eine Kontinuität der Beziehungen Feldbreite zu der 10 % Isodosenausbreitung im kranialen Verlauf der Phantommittellinie.

Diskussion der Meßergebnisse

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Messungen läßt sich ersehen, daß auch bei der Anwendung von ultraharten Röntgenstrahlen, wie bei der konventionellen Strahlentherapie, das Dosismaximum mit zunehmender Feldbreite von der Drehachse in Richtung der Oberfläche auf der Winkelhalbierenden auswandert.

Bei dem hier angewandten Bestrahlungsmodus der biaxialen Pendelbestrahlung mit Photonen einer Energie von 42 MeV, liegen, bis zu einer Feldbreite von 8 cm, in beiden Phantomhälften je ein Dosismaximum (= 100 % Isodose), sowie eine 75 % Isodose. Die 50 % Isodose umschließt die gesamte Phantomschicht in dieser Ebene. Bei Feldgrößen über 8 cm ist nur noch eine 100 % bzw. 90 % Isodose auf beiden Phantomhälften getrennt zu beobachten.

Die Isodosenkurven unter 50 % erfassen hierbei bereits die gesamte Phantomschicht in der Meßebene. Für die klinische Anwendung werden daher nur Felder von einer Breite von 6 cm zur Anwendung zu bringen sein - es sei denn der ganze Beckenraum soll bestrahlt werden. Hierzu wären Feldbreiten von über

8 cm erforderlich. Bei der biaxialen Pendelbestrahlung bei einer Achsfeldbreite von 12 cm, einer Achslage in der Mitte einer Beckenhälfte und in halbem a p - Durchmesser, werden die Organe, die in der Medianlinie ventral der Achsentiefe liegen, maximal geschont.

Insgesamt betrachtet, ließe sich als Schlußfolgerung für die Anwendung oben angeführter, biaxialer Pendelbestrahlung mit Photonen die Konsequenz ziehen, daß nur eine Bestrahlung mit kleinem Achsfeld den klinischen Gegebenheiten Rechnung trägt.

Auf die Praxis bezogen ergäbe sich mit dieser Art der Bestrahlung eine sehr günstige Methode für die Parametrienbestrahlung.

Zusammenfassung:

An dem ovalen Plexiglas-Wasser-Phantom der Physikalisch-Technischen Werkstätten Dr. Pyschlau KG, Freiburg i. Breisgau, wurden systematische Untersuchungen bei biaxialer Bewegungsbestrahlung mit Photonen von 42 MeV am SIEMENS-Betatron durchgeführt.

Die Drehachse befand sich in 10 cm Tiefe von der Phantomoberfläche und 9 cm lateral von der Phantommitte entfernt. Die Achsfeldgröße variierte von 4 x 16 cm, 6 x 16 cm, 8 x 16 cm, 10 x 16 cm, 12 x 16 cm. Der Pendelwinkel betrug stets 80° (10° - 90° beidseits). Es wurden die Isodosenverläufe aufgezeichnet und diskutiert.

LITERATURVERZEICHNIS

1. BECKER, J. und SCHUBERT, G.: Die Supervolttherapie. Stuttgart (1961): 245-303

2. FEHRENTZ, D. und KUTTIG, H.: Vergleich von Dosisverteilungen bei ultraharten Röntgenstrahlen bis 42 MeV und Kobalt 60 Gammastrahlen. Strahlentherapie 139 (1970): 143-158

3. FRISCHBIER, H. J. und HASSE, G.: Die biaxiale Telekobalt-Pendelbestrahlung des Collum Ca. Dosisverteilung, Herddosisberechnung, Einstelltechnik und klinische Erfahrungen. Strahlentherapie 126 (1965): 481-494

4. GIETZELT, F. und DEGNER, W.: SCHMIDT, H.: Biaxial supervoltage rotation irradation of the cervix carcinoma uteri. Acta Un. int. Cancr. (Louvain) 20 (1964): 1753-1755

5. GUND, K. und BERGER, H.: Die 15-MeV-Elektronenschleuder für medizinische Anwendung der Siemens-Reiniger Werke. Strahlentherapie 92 (1953): 489-505

6. GUND, K. und SCHITTENHELM, R.: Die physikalischen Eigenschaften der Strahlenbündel der 15 MeV Elektronenschleuder der Siemens-Reiniger Werke Erlangen. Strahlentherapie 92 (1953): 506

7. HEINZLER, F., HOHN, M. und MOHR, L.: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV Elektronenschleuder - Betatron. Strahlentherapie 112 (1960): 428-442

8. HEINZLER, F. und MOHR, L. II: II. Untersuchungen am "seitlich hochgestellten" Phantom. Strahlentherapie 113 (1960): 619-628

9. HEINZLER, F. und MOHR, L. III: III. Untersuchungen am "liegenden" Phantom zur Erlangung eines größeren Bestrahlungsfeldes. Strahlentherapie 114 (1961): 103-112

10. HEINZLER, F. und MOHR, L. IV: IV. Zur Frage der Herddosis beliebiger symmetrischer Pendelwinkel. Strahlentherapie 114 (1961): 281-285

11. HEINZLER, F. und MOHR, L. VI: VI. Die Verteilung und Errechnung der Dosis für das Abdomen und den Thorax von jugendlichen Patienten. Strahlentherapie 117 (1962): 452-462

12. KRIESTER, A., GESKE, G. und NITSCH, G.: Strahlentherapeutischer Einsatz des Jenaer 30 MeV Betatrons. Radiobiol. Radiother. 6 (1966): 437-442

13. KUTTIG, H.: Supervolttherapie in der Gynäkologie. Arch. Gyn. 202 (1965): 309-312

14. MATSCHKE, S. und WELKER, K.: Die individuelle Isodosenanpassung bei der biaxialen Pendelbestrahlung gynäkologischer Tumoren. Radiobiol. Radiother. (Berl.) 4 (1963): 401

15. MELLOR, H. M.: Carcinoma of the cervix uteri. Treatment by Supervoltage irradiation only. Brit. J. Radiol. 33 (1960): 20-27

16. RASSOW, J. und STRÜTER, H. D.: Systematische Untersuchung mit LiF-detektoren TLD 100 am Aldersonphantom zur Gonadenbelastung bei der Therapie mit konventionellen Röntgenstrahlen, Telegammastrahlen sowie Betatronbrems- und Elektronenstrahlen. Strahlentherapie 139/4 (1970): 446-459

17. SCHERER, E.: Eine Einführung in die Strahlentherapie. Georg Thieme Verlag Stuttgart

18. SCHMIDT-HERMES, J.H.: Methode zur postoperativen Pendelbestrahlung des Mammacarcinoms unter Anwendung verschiedener Elektronenenergien. Strahlentherapie 139/2 (1970): 139-143

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. med. F. Sommer für die freundliche Überlassung des Themas danken.

Herrn Dr. med. H. J. Schmidt-Hermes sei im besonderen für seine wertvollen Hinweise bei der Fertigstellung dieser Arbeit gedankt. Er stellte mir nicht nur sein umfangreiches, persönliches Wissen zur Verfügung, sondern hatte auch immer Zeit für mich, wenn ich seinen Rat und seine Hilfe benötigte.

LEBENSLAUF

Am 13. 10. 1944 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. med. dent. Adolf Wilhelm und seiner Ehefrau Liselotte geb. Göhringer in Herxheim bei Landau geboren. 1951 erfolgte meine Einschulung in die Volksschule Herxheim, wo ich bis zu meinem Übertritt in das Staatliche Altsprachliche Gymnasium Landau im Jahre 1955 blieb. Nach neunjähriger Schulzeit legte ich hier im Frühjahr 1964 die Reifeprüfung ab. Mein Studium der Medizin und der Zahnheilkunde begann ich im Sommersemester 1964 an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Im Wintersemester 1964/65 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und nach weiteren vier Semestern die ärztliche Vorprüfung für Medizin und Zahnheilkunde. Im Verlauf meines klinischen Studiums verlegte ich meinen Studienplatz im Sommersemester 1968 nach Homburg/Saar, wo ich nach dem Wintersemester 1969/70 das medizinische Staatsexamen bestand. Im Juli 1970 heiratete ich die Studentin der Medizin Ursula Kriegshäuser. Seit August 1970 bin ich als Medizinalassistent auf der Inneren Abteilung des St. Michaels Krankenhauses in Völklingen tätig.